Morfogènesi i dinàmica de la platja des Codolar (Eivissa, Illes Balears)

Francesc X. ROIG-MUNAR, José Á. MARTÍN-PRIETO,
Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Guillem X. PONS i Miquel MIR-GUAL

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.Á., Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X. i Mir-Gual, M. 2012. Morfogènesi i dinàmica de la platja des Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 55: 47-62. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

S'ha analitzat la textura dels còdols de la platja des Codolar, Eivissa, a partir del mostreig de quatre seccions de la platja. A cada secció s'han pres mostres de la berma superior i de la inferior, totalitzant el mesurament de 400 còdols. S'han analitzat la distribució dels còdols, la seva mida i la seva classificació. La forma dels còdols s'ha parametritzat a partir del diagrama de Zingg, l'índex d'Arrodoniment de Wadell, la màxima projecció de Esfericitat i l'índex Oblat-Prolat. El resultat mostra una clara gradació de sud-est a nord-oest tant en la grandària com en el arrodoniment i la esfericitat dels còdols. Això en indica clarament que la seva font d'alimentació són els despreniments del cap Falcó, i que el seu transport es produeix per deriva litoral envers el nord-oest. El resultat és la formació d'una barra litoral que fins i tot presenta formes atribuïbles a ventalls d'*overwash*, que juntament amb ventalls al·luvials delimiten una zona humida, que a l'actualitat ocupen les Salines d'Eivissa.
Paraules clau: *Eivissa, platja d'es Codolar, platja de còdols, anàlisi granulomètric, deriva litoral.*

MORPHOGENESIS AND DYNAMIC OF ES CODOLAR BEACH (IBIZA, BALEARIC ISLANDS). The texture of the Es Codolar gravel beach, South of Ibiza, was analyzed from samples in four sections of the beach. In each section two samples have been taken: one from the upper berm and another from the lower one. A total of 400 pebbles and cobbles were measured. The distribution of shingles, their grain size and sorting have been analyzed. Shingle shape has been parameterized trough the Zingg diagram, the Wadell roundness index, the maximum projection of sphericity and the Oblate-Prolate Index. The results show a clear gradient both in grain size, roundness and the shingles sphericity from Southeast to Northwest. This clearly indicates that the source of sediment supply are located at Cap Falcó detachments, Transport is produced by long shore drift towards the Northwest and he result is the formation of a shingle barrier that closes a wetland that nowadays currently occupy by the Salinas of Ibiza.
Keywords: *Ibiza, es Codolar Beach, pebble beach, particle size analysis, littoral drift.*

Francesc X. ROIG-MUNAR, QU4TRE, consultoria ambiental, Carrer Carritxaret 18-6, Es Migjorn Gran, Menorca, José Ángel MARTÍN-PRIETO, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA, Guillem X. PONS and Miquel MIR-GUAL, Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears. Carretera Valldemossa Km 7,5, Palma. Grup de Recerca BIOGEOMED. E-mail: guillemx.pons@uib.cat.

Recepció del manuscrit: 7-mar-12; revisió acceptada: 22-mai-12

Introducció

Els estudis sobre les platges formades per còdols ha estat molt menor si es compara amb el de platges d'arenes. La seva importància econòmica i social, també fa que el seu estudi no sigui tan rellevant com els dels litorals arenosos. En el cas de l'arxipèlag Balear amb prou feines s'han realitzat estudis sobre les platges de còdols, excepte el cas d'una platja, es Coll Baix (Alcúdia), al nord de Mallorca (Espinosa i Martínez, 2007).

A les platges de còdols, la mida de la platja, així com la forma de les partícules són aspectes importants per determinar la resposta als processos derivats de l'acció de l'onatge (Jennins i Shulmeister, 2002). Per tant, la forma de les partícules sedimentàries pot donar informació important sobre la història i evolució de l'àmbit d'estudi, el qual es pot arribar a comprendre a partir de la seva anàlisi textural. La textura es refereix a les característiques físiques dels sediments, fonamentalment a la mida i la forma. El principal objectiu del seu estudi és determinar l'ambient i les condicions de deposició dels sediments, sota el supòsit que els processos físics que afecten a les partícules deixen la seva empremta característica sobre elles.

Àrea d'estudi

La zona d'estudi es situa al sud de l'illa d'Eivissa (Balears) (Fig. 1), en una barra litoral envoltada de promontoris calcaris. Actualment aquests relleus estan units mitjançant una plana al·luvial d'escassa pendent formada per materials plistocens. El subsòl d'aquesta plana està compost per margues cretàciques (García *et al.,* 2009). Cap al nord, els vessants sud-orientals d'aquestes elevacions estan entapissades per un sistema de ventalls al·luvials i cons de dejecció.

A la zona distal d'aquests dipòsits de vessant, i enllaçats amb els dipòsits de plana al·luvial, es troben unes salines, que van ser explotades, per primera vegada pels cartaginesos, a partir de l'any 600 aC (Planells, 1999) i fins a l'actualitat.

La zona des Codolar és una platja de còdols que s'estén al llarg de 3 km entre el puig des Falcó al sud-est i sa Caleta al nord-oest. Tanca al seu interior una zona humida, totalment antropitzada des d'època fenícia en el seu sector meridional i que actualment formen les Salines d'Eivissa.

Morfològicament es tracta d'una barra de còdols d'amplitud mitjana de 40 m i potència variable, formada per diferents barres superposades, desproveïda de vegetació, i que arrenca a la base dels penya-segats del Puig des Falcó al sud i que s'estén cap al NNW.

El clima marítim a què està exposada la platja presenta un onatge de major freqüència i intensitat de component SW, i que impacta amb un cert angle sobre la platja, de manera que hi ha un predomini de deriva litoral en sentit NNW (Ports de l'Estat). El 86% de l'onatge té una alçada inferior a 1m (Hs) i només el 3.7% supera els 2 m d'alçada, amb un període tipus de 4 s, i inferior a aquest valor en el 55% dels casos (Fig. 1). Els temporals de major impacte sobre la platja tenen lloc entre els mesos d'octubre i abril.

Objectius

Els objectius més importants s'han focalitzat en la caracterització de la textura del sediment i, a partir de l'anàlisi de tipus morfoscòpic, determinar les implicacions

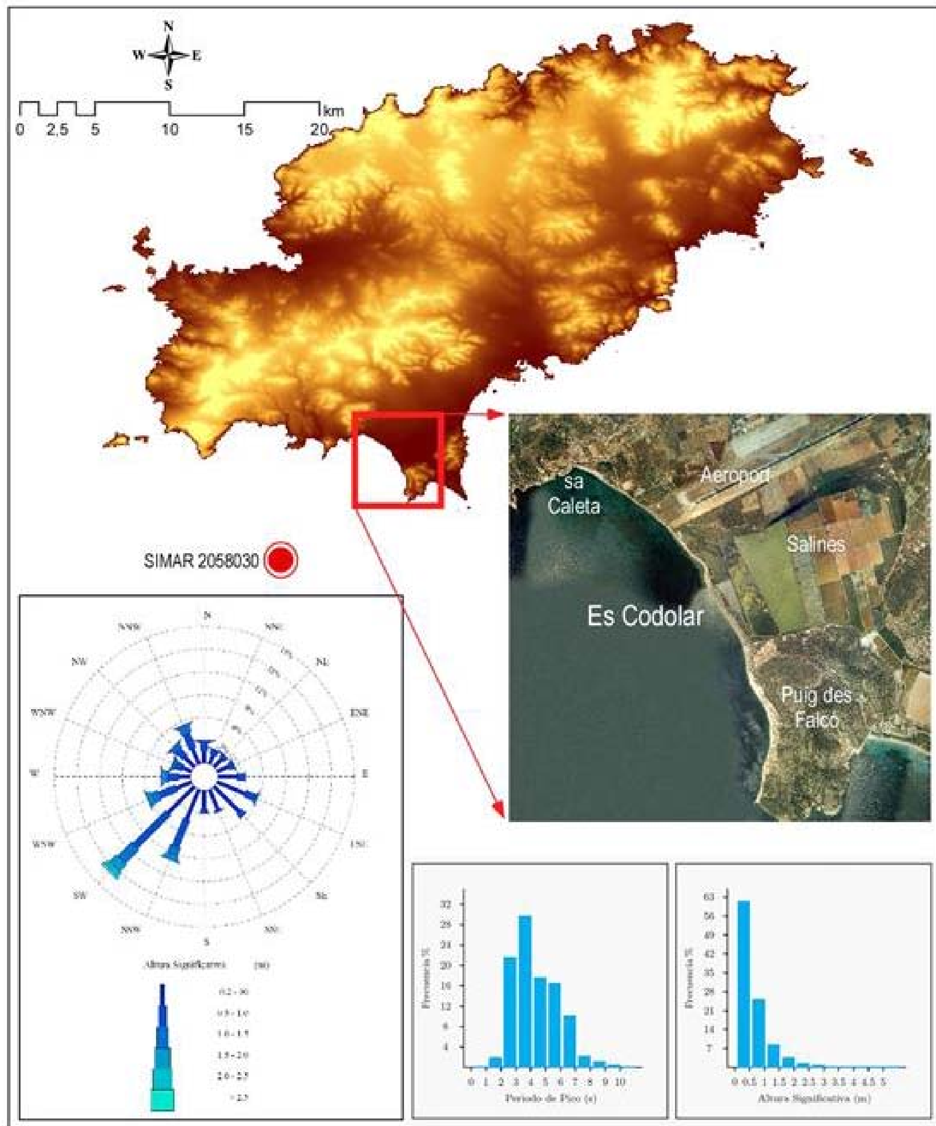


Fig. 1 Localització de l'àrea d'estudi i dades de l'onatge corresponents al Node HIPOCAS 1815 de la Xarxa Ports del Estat (Font: Puertos del Estado).
Fig. 1. *Location of the study area and wave data for the 1815 HIPOCAS Node of Harbors of the State Network (Source: Puertos del Estado).*

d'aquesta en la dinàmica des Codolar, així com establir una hipòtesi de la seva formació i evolució.

Metodologia

S'han pres mostres en 8 estacions (50 clastes per estació), situades sobre quatre perfils de platja, de manera que es van mesurar un total de 400 còdols. Una estació correspon a la berma superior i l'altra a la berma inferior (Fig. 2 i 3). En cadascuna d'elles, es van utilitzar malles de 25 i 50 cm, en funció de la mida dels clastes continguts en el seu interior. De cada còdol s'han mesurat els tres eixos principals (curt, mitjà i llarg).

Mida de gra

La mida de gra és la característica bàsica de tot sediment i ens parla de la competència del seu transport. Per tal de definir la mida de gra amb còdols de centimètrics a decimètrics, s'ha utilitzat la longitud de l'eix intermedi de cada element. A partir d'aquestes dades s'han definit els paràmetres estadístics descriptius de més

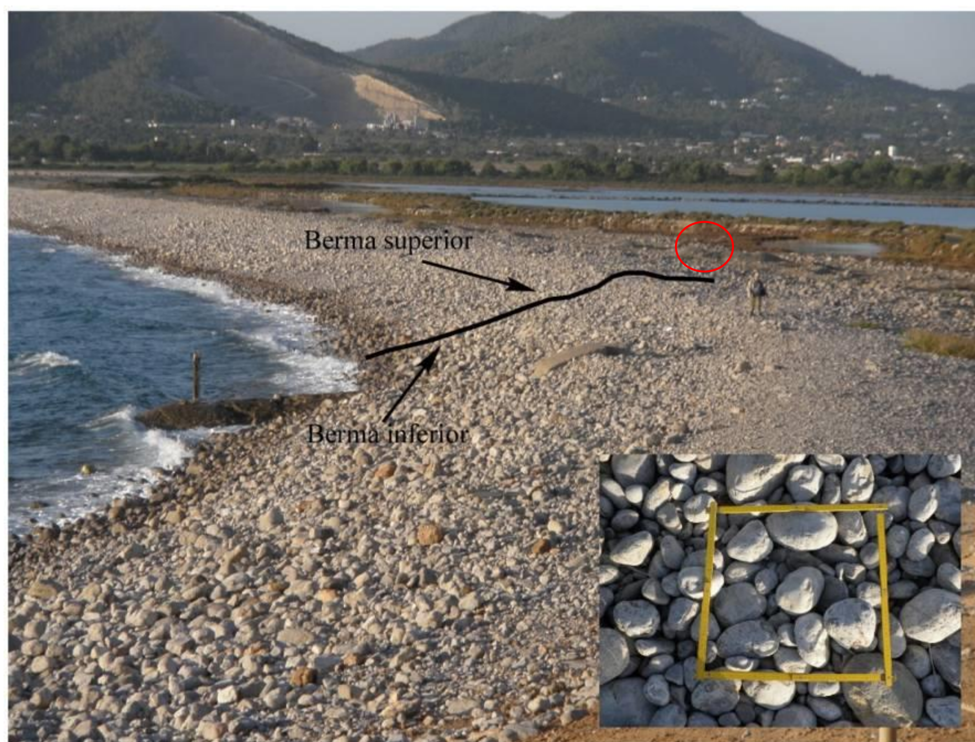


Fig. 2. Perfil de platja de Cap Falcó, extrem SE des Codolar i lloc d'una de les zones de mostreig. Vegis una persona dins del cercle com escala. Al requadre inferior dret s'observa la malla amb la que s'han mesurat els còdols.

Fig. 2. *Profile of Cap Falcó beach, SE of es Codolar, and place of one of the sampling areas. Note the human scale in the circle. In the lower right a screen for shingle pebbles measuring is shown.*

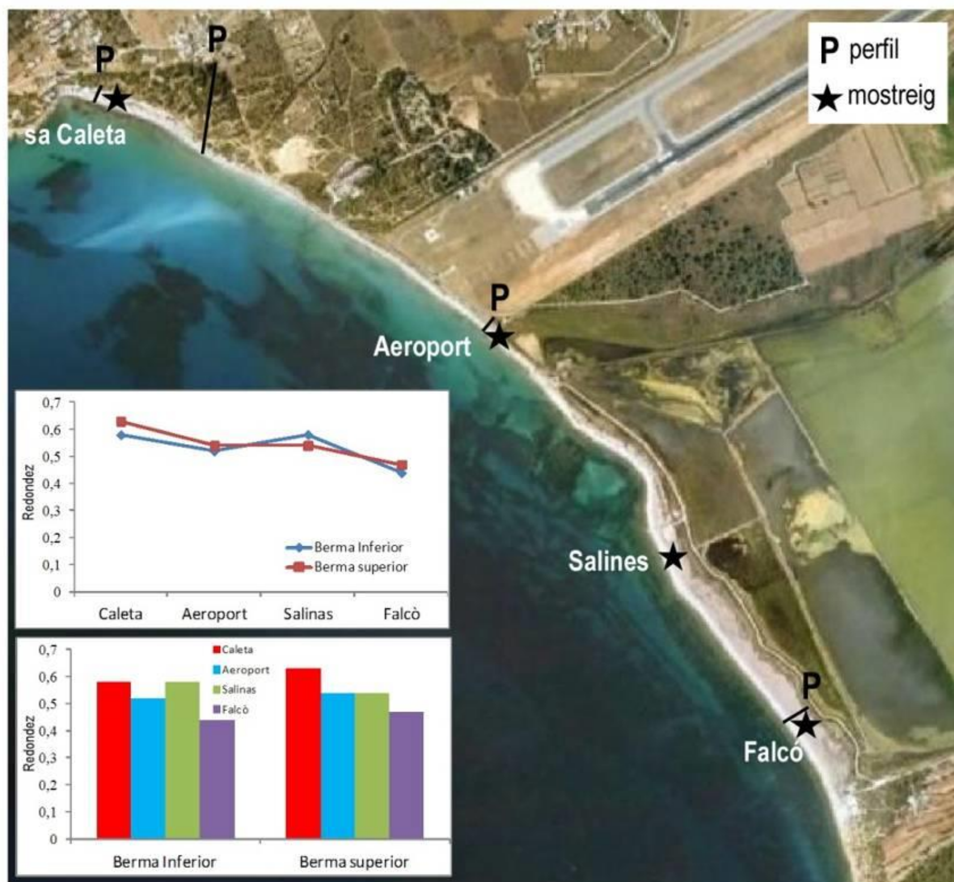


Fig. 3. Situació dels punts de mostreig i diagrama on es mostra l'arrodoniment dels còdols.
Fig. 3. *Location of sampling points and diagram showing the roundness of the pebbles.*

trascendència: mitjana, mediana, granoclassificació o *sorting*, la desviació del calibre respecte de la mitjana o la *kurtosis o la moda* o mida més freqüent.

Morfologia del gra

La morfologia del gra és també una propietat fonamental de les partícules i pot proporcionar informació important sobre la història del sediment. De la mateixa manera que el calibre mitjà del clast, la forma es pot representar i abordar amb diferents criteris i escales semi-quantitatives (Cheel, 2005). Per al present estudi es descriuen a continuació tres de les expressions de la morfologia del gra:

Arrodoniment. L'arrodoniment d'una partícula es refereix al grau de curvatura (o angulositat) de les vores d'una partícula, aportant informació de la distància del transport i de l'energia d'aquest. El mètode

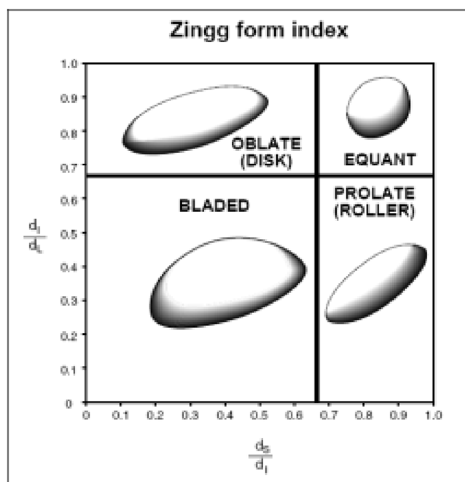


Fig. 4. Diagrama de Zingg mostrant la classificació de la forma de les partícules sedimentàries i la seva terminologia (Cheel, 2005).
Fig. 5. *Zingg diagram showing the classification of the shape of sedimentary particles and their terminology (Cheel, 2005).*

més apropiat per determinar l'arrodoniment d'un clast es pot definir com la relació dels radis de curvatura mitjana de les cantonades d'un gra en relació al radi més gran del cercle inscrit dins de la partícula. Es conegut com Índex d'Arrodoniment de Wadell (Wadell, 1932, 1933, 1935). El valor màxim és d'un, que equival al màxim arrodoniment.

Esfericitat. Es pot definir com la mesura del grau en què la forma d'una partícula s'aproxima al d'una veritable esfera. Una esfera té una esfericitat amb un valor d'un i les partícules amb altres formes tenen un valor inferior a un. No només descriu un aspecte de la forma d'una partícula, sinó que pot ser útil per comprendre altres propietats de la mateixa, com ara la seva velocitat de sedimentació.

L'index de forma de Zingg. És un dels mètodes més comuns per determinar l'aspecte geomètric espacial d'una partícula i està basat en les proporcions de L, I i S (eixos llarg, intermedi i curt respectivament). La Fig. 4 ens mostra el diagrama de Zingg (Zingg, 1935) que defineix quatre tipus i proporciona termes per descriure la forma dels còdols en funció de les relacions dels eixos d'aquests (laminar, prolat, discoïdal i esfèric) basades en les raons I/L i S/I.

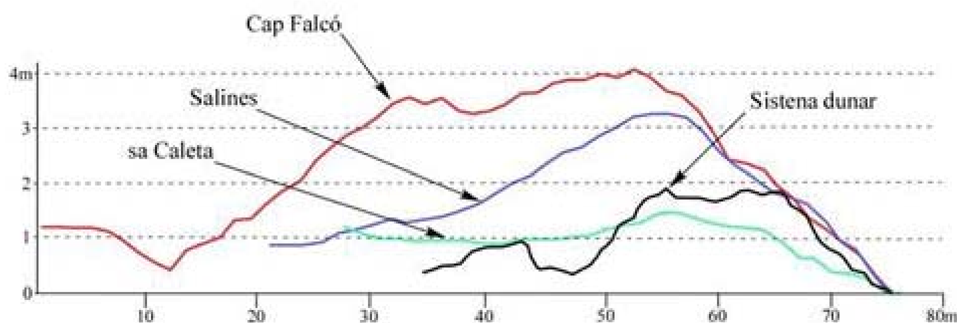


Fig. 5 Perfils transversals de la platja des Codolar. Es veu la disminució en alçada i volum entre Cap Falcó (perfil més oriental) i sa Caleta (el més occidental), així com una certa suavització.
Fig. 5. *Cross sections of es Codolar beach. We can see the decrease in height and volume between Cap Falcó (southernmost profile) and sa Caleta (the most northerly) as well as some profile smoothing.*

La determinació de la forma del clasts es realitza plotejant ambdós valors al diagrama. La forma dels còdols definida pel diagrama de Zingg, és en gran mesura independent de l'esfericitat.

El diagrama de Zingg es presenta com a eina per a la descripció de les partícules, però no tracta adequadament els aspectes hidrodinàmics de la forma. Sneed i Folk (1958) van proposar un altre paràmetre conegut com Projecció Màxima d'Esfericitat (PME). Es defineix com la relació de l'àrea de la secció transversal màxima del volum de l'esfera equivalent a l'àrea màxima de secció transversal de la partícula en sí.

Aquestes característiques tenen un important significat per a l'estudi dels efectes del transport dels clastes des de l'àrea font i assenyalen la modificació dels grans angulosos a diverses formes, per abrasió, solució i selecció per corrent.

Les dades s'han analitzat mitjançant un full de càlcul a partir del qual s'han obtingut els següents índexs: paràmetre de Zingg, forma de la partícula, esfericitat de Wadell, Paràmetres de forma de Folk, Projecció Màxima d'esfericitat i Índex Oblat-Prolat.

Per caracteritzar la barra des Codolar i situar les diverses estacions es van realitzar quatre perfils de platja mitjançant la utilització d'un pantòmetre proveït d'un clinòmetre digital (Figs. 3 i 5).

Resultats

Els resultats obtinguts en l'anàlisi textural efectuat es recullen a la Fig. 6 i s'analitzen a continuació:

Mida de gra

La mida de gra dels còdols analitzats (Fig. 6) presenta una clara evolució des del perfil més septentrional (sa Caleta, moda de 35 mm a la berma superior i de 20 a la berma inferior), fins al més meridional (cap Falcó, moda de 200 mm a la berma superior i de 120 mm a la inferior). Tan sols, existeix una anomalia en aquesta tendència i és el cas de la berma inferior del perfil de ses Salines. Aquest fet requereix una interpretació especifica relacionada amb la dinàmica dels despreniments del penya-segat de cap Falcó i del seu transport vers el Nord, primer, i el NNW després.

Altres paràmetres com són la mitjana, la mediana i el *sorting* presenten igual evolució amb la mateixa excepció de la berma inferior del perfil de Salines.

Pel que fa a la *kurtosis*, no se observa cap tendència identificable.

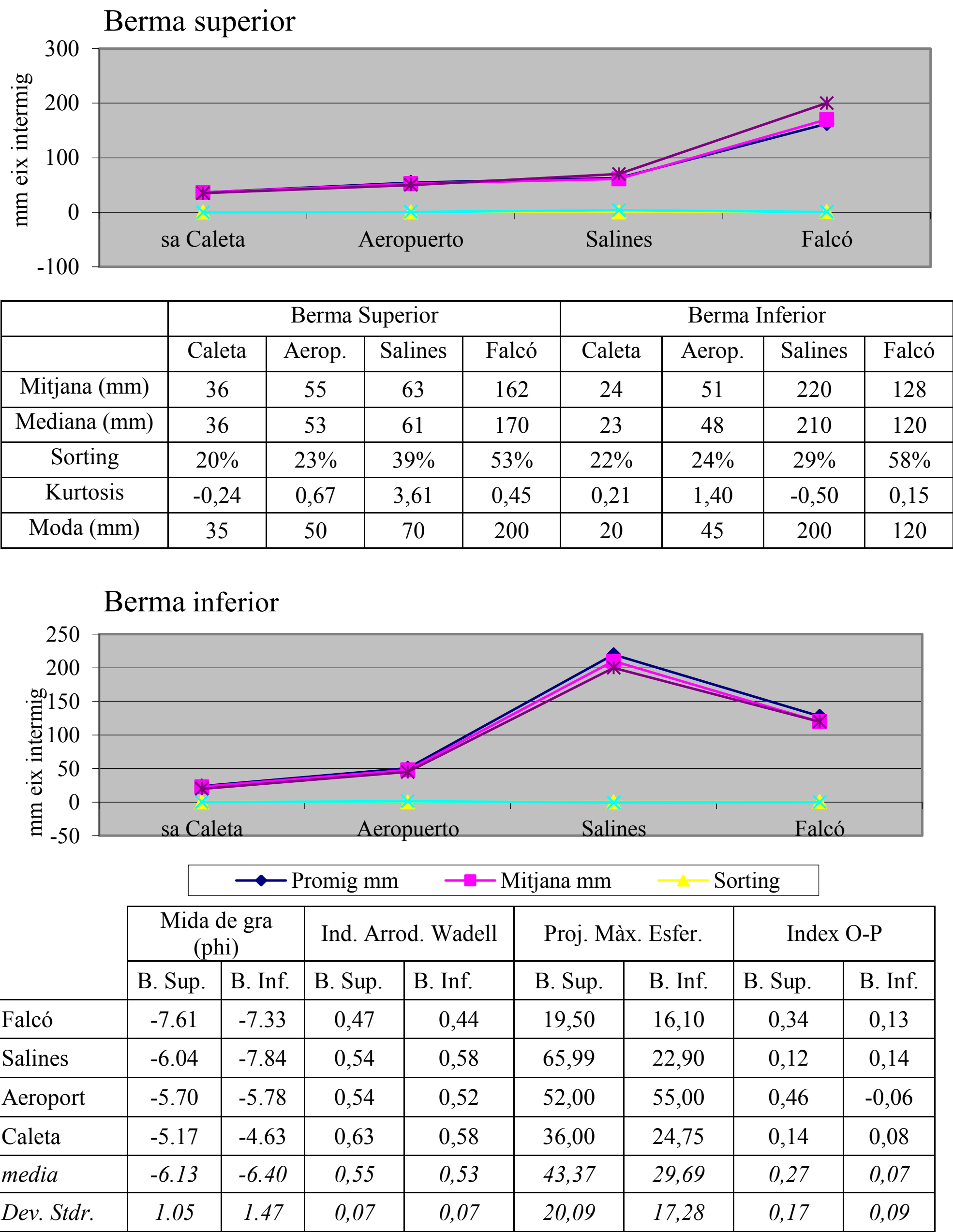
Índex d'Arrodoniment de Wadell

La Fig. 7 ens mostra com aquest paràmetre incrementa el seu valor des de Cap Falcó fins sa Caleta, és a dir, l'arrodoniment augmenta en un sentit de SSE a NNW. Els valors de l'arrodoniment són relativament més elevats en la berma superior (excepte a Salines), i bastant similars en totes les estacions.

Esfericitat

La mesura d'esfericitat es basa a determinar la Projecció de Màxima d'Esfericitat (Ψ) com a representació de la equidimensionalidad. A més de ser la millor mesura per reflectir el comportament hidràulic de les partícules durant el transport (Sneed i Folk, 1958; Dobkins i Folk, 1970; Folk, 1974), hi ha una relació directa i estreta entre Ψ i la velocitat a la qual la partícula d'un volum particular es diposita en un fluid o roda al llarg d'un llit.

Les partícules tendeixen a sedimentar amb l'àrea de màxima projecció (el pla format pels eixos curt i intermedi) i de manera perpendicular a la direcció del moviment. Els valors de Ψ tenen un valor



	Berma Superior				Berma Inferior			
	Caleta	Aerop.	Salines	Falcó	Caleta	Aerop.	Salines	Falcó
Mitjana (mm)	36	55	63	162	24	51	220	128
Mediana (mm)	36	53	61	170	23	48	210	120
Sorting	20%	23%	39%	53%	22%	24%	29%	58%
Kurtosis	-0,24	0,67	3,61	0,45	0,21	1,40	-0,50	0,15
Moda (mm)	35	50	70	200	20	45	200	120

	Mida de gra (phi)		Ind. Arrod. Wadell		Proj. Màx. Esfer.		Index O-P	
	B. Sup.	B. Inf.	B. Sup.	B. Inf.	B. Sup.	B. Inf.	B. Sup.	B. Inf.
Falcó	-7.61	-7.33	0,47	0,44	19,50	16,10	0,34	0,13
Salines	-6.04	-7.84	0,54	0,58	65,99	22,90	0,12	0,14
Aeroport	-5.70	-5.78	0,54	0,52	52,00	55,00	0,46	-0,06
Caleta	-5.17	-4.63	0,63	0,58	36,00	24,75	0,14	0,08
media	*-6.13*	*-6.40*	*0,55*	*0,53*	*43,37*	*29,69*	*0,27*	*0,07*
Dev. Stdr.	*1.05*	*1.47*	*0,07*	*0,07*	*20,09*	*17,28*	*0,17*	*0,09*

Fig. 6. Paràmetres de mida de gra i de forma.
Fig. 6. *Grain size and shape parameters.*

de 0 a 1, on una esfera té un valor d'1, per contra, si la partícula és més discoïdal, la Ψ tendeix a 0.

La esfericitat augmenta des cap Falcó cap sa a Caleta. És a dir, la màxima esfericitat es presenta a sa Caleta seguida de Salines i de Cap Falcó, la menor. En aquestes estacions l'esfericitat de les dues bermes és similar. En canvi, l'estació de l'aeroport presenta una esfericitat relativament alta a la berma superior i baixa a la inferior (Fig. 6).

Anàlisi de la forma

L'anàlisi de les partícules ha donat com a resultat un diagrama de Zingg per a cada estació (Fig. 8). Els mesuraments dels eixos ortogonals dels còdols donen com a fruit formes que s'identifiquen com: discoïdal, esfèrica, laminar i cilíndrica.

Els diagrames mostren una gradació en la forma del sediment a mesura que ens desplacem de SE a NW. La forma del sediment predominant a Cap Falcó és cilíndrica en ambdues bermes i en menor mesura discoïdal. Per contra, la forma esfèrica és amb diferència la que presenta el menor percentatge.

A mesura que ens desplacem cap al NNW, aquests valors s'inverteixen augmentant de forma notable el valor esferoïdal en detriment de les altres formes, amb excepció de la forma cilíndrica que mostra alts percentatges en totes les mostres. Aquests resultats són similars en ambdues bermes.

Esfericitat vs mida de gra

S'ha comparat l'esfericitat amb la mida dels còdols (Fig. 7). El resultat de la gràfica, mostra tant en el cas de la berma superior com en la berma inferior que l'esfericitat augmenta en disminuir la mida dels còdols, sent sa Caleta la mostra que presenta la major esfericitat i la mida més petita. Les mostres de Cap Falcó, Aeroport i sa Caleta, presenten una major homogeneïtat, amb valors similars quant a grandària i esfericitat en ambdues bermes. No obstant això, Salines mostra una gran distància entre ambdues bermes, quant a grandària (el més elevat). En cap Falcó i en sa Caleta, els dos extrems des Codolar, la berma superior presenta una grandària de còdols una mica major que a la berma inferior, mentre que a l'estació d'Aeroport les dues bermes presenten grandàries similars. Tal i com succeeix amb els altres paràmetres analitzats, a l'estació de Salines hi ha una gran diferència de mida i esfericitat entre les dues bermes (phi -5,17, la superior i phi -4,63 la inferior) (Fig. 6 i 7).

Esfericitat vs. l'índex O-P

L'Índex de Màxima Esfericitat s'ha comparat també, amb l'Índex O-P, reflectint-los a la Fig. 9. Tots dos paràmetres són bons indicadors del grau de selecció dels còdols. Es pot apreciar un

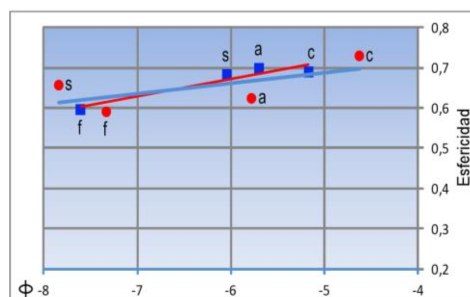


Fig. 7. Diagrama on es relaciona l'esfericitat front a la mida dels còdols (els cercles corresponen a la berma inferior i els quadrats a la superior: f, Falcó, s, Salines, a, Aeroport i c, Caleta).

Fig. 7. *Diagram which relates the cobble sphericity versus cobble size (circles correspond to the lower berm and squares to the upper one: f, cap Falcó, s, Salines, a, Airport and c, sa Caleta).*

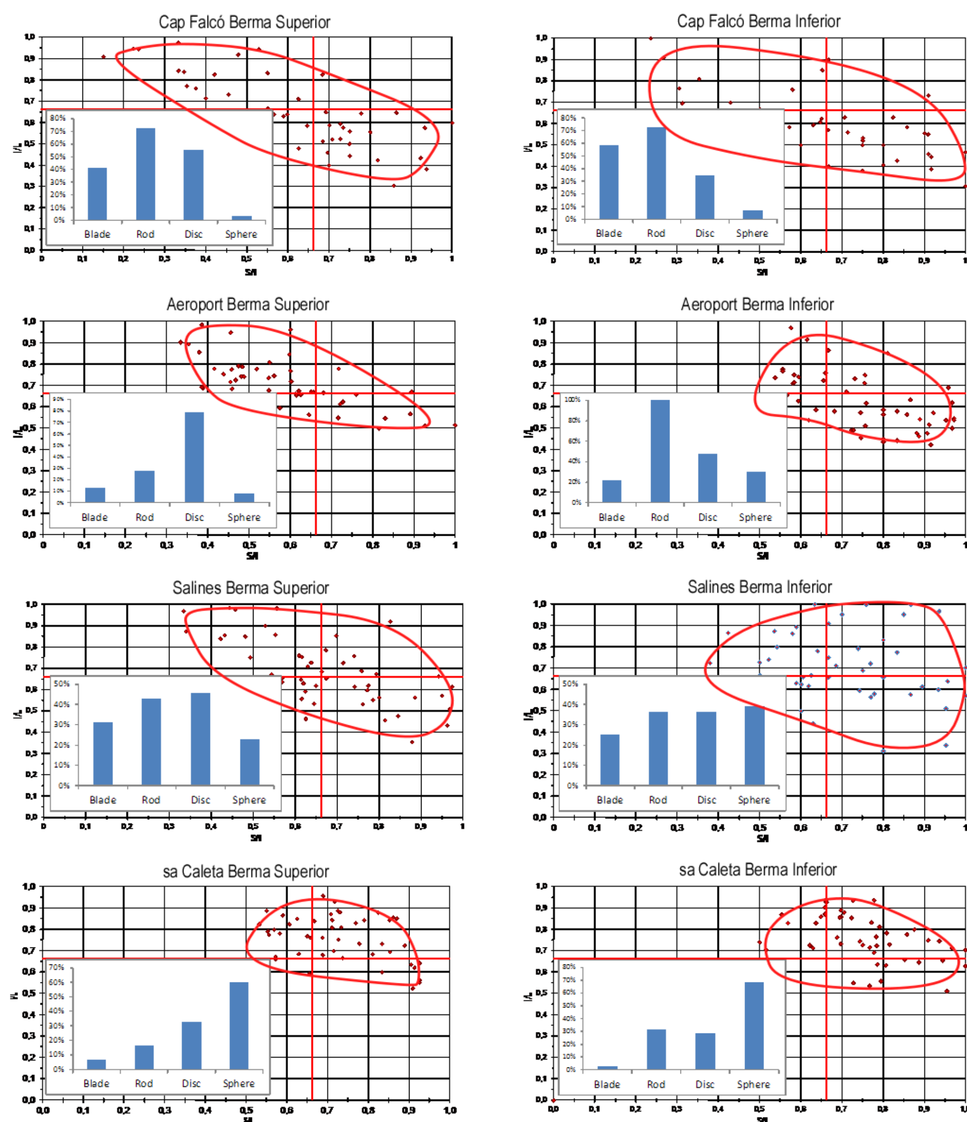


Fig. 8. Diagrama de Zingg mostrant la classificació de la forma del sediment. A la part inferior esquerra es mostra el percentatge de cada forma.

Fig. 8*. Zingg diagram showing the shape classification of sediment. For each station, in the bottom left, the percentage of each form is shown.*

major agrupament dels valors de la berma inferior, mostrant un valor negatiu en la berma inferior de l'Aeroport. Aquesta mateixa estació té els valors més allunyats entre ambdues bermes. En general presenten una esfericitat mitjana-alta i

mostren un agrupament de la majoria d'ells, exceptuant els valors extrems de l'Aeroport i Cap Falcó, amb una tendència a còdols cilíndrics.

Arrodoniment vs Esfericitat

La relació entre l'índex d'arrodoniment i l'esfericitat presenta les mateixes característiques que ja hem vist amb altres relacions (Fig. 10). Els valors de la berma superior es presenten més regulars, mentre la inferior mostra posicions irregulars per a les estacions de Salines i Aeroport.

Discussió i conclusions

A partir dels resultats podem establir una clara disminució en la grandària dels còdols des del Cap Falcó vers sa Caleta. Aquesta disminució ve acompanyada d'un augment de l'Índex d'Arrodoniment de Wadell en el mateix sentit SSE-NNW. Així mateix, l'esfericitat augmenta clarament en la mateixa direcció, mentre que la forma

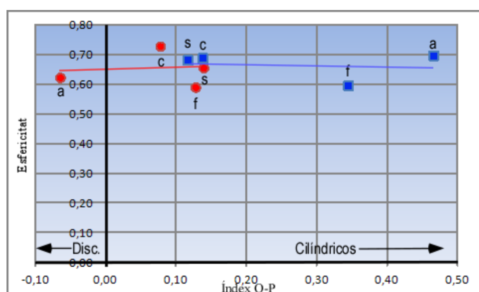


Fig. 9. Diagrama on es compara l'esfericitat, front del index O-P (els cercles corresponen a la berma inferior i els quadrats a la superior: f, Falcó, s, Salines, a, Aeroport i c, Caleta).

***Fig. 9**. Diagram which compares the sphericity versus O-P index (circles correspond to the lower berm and squares to the upper one: f, cap Falcó, s, Salines, a, Airport and c, sa Caleta).*

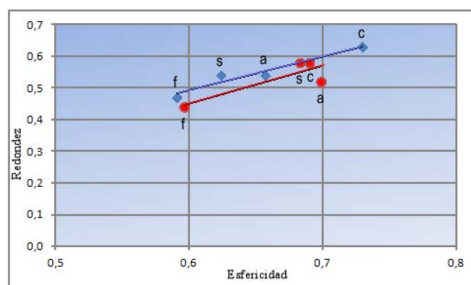


Fig. 10. Relació entre arrodoniment i esfericitat (els cercles corresponen a la berma inferior i els quadrats a la superior: f, Falcó, s, Salines, a, Aeroport i c, Caleta).

***Fig. 10.** Relationship between roundness and sphericity (circles correspond to the lower berm and squares to the upper one: f, cap Falcó, s, Salines, a, Airport and c, sa Caleta).*

mostra un augment de les formes esfèriques, al costat de la disminució de les formes cilíndriques i discoïdals en la mateixa direcció.

Tot això ha d'obeir a un transport de sediment en aquesta mateixa direcció, induït per un clima marítim, on l'onatge de major altura i direcció presenten una component majoritària del SW. D'altra banda aquest onatge es veu afavorit per la disposició de la costa SSE-NNW, que facilita el transport cap al NNW de la badia (Fig. 2).

Aquesta dinàmica es veu ratificada per la batimetria, on apreciem una disminució de la profunditat a mesura que ens desplacem cap al nord-oest, és a dir cap sa Caleta (Fig. 11). La isòbata -10 m es troba a 200 m lineals des de l'extrem sud de la platja (Cap Falcó), mentre que des de l'extrem nord es troba a 560 m, més del doble de distància, amb una somerització de la zona submergida.

L'increment de l'arrodoniment i un decreixement en Índex O-P és el resultat de l'abrasió causada pel lliscament i rodament

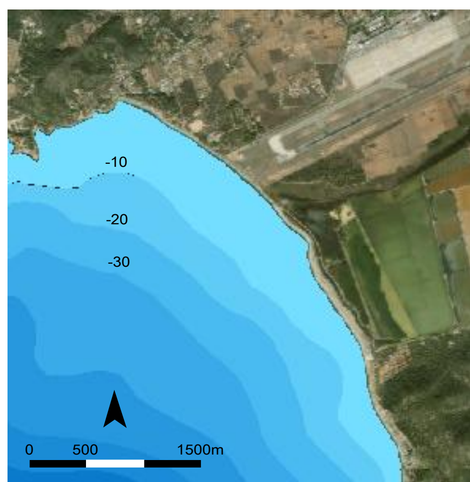


Fig. 11. Batimetria de la zona d'estudi (Font: IDEIB).
Fig. 11. *Bathymetry of the study area (IDEIB).*

dels còdols sobre el pendent de la platja, tant a la zona de rompents com a la zona de batuda de l'onatge (Figs. 6 i 12).

A la Fig. 12, també es pot apreciar la tendència d'ambdues bermes: l'arrodoniment s'incrementa de sud-est (Cap Falcó) cap al nord-oest (sa Caleta), mentre l'Índex O-P decreix. Així mateix, el material de la berma superior presenta una relació esfericitat-mida més elevada que el de la berma inferior (Fig. 7). Representa un menor moviment de còdols, ja que es veuen menys afectats per l'acció de l'onatge, que és més efectiu a la zona de batuda (*swash zone*).

El material que és transportat per la deriva litoral procedeix doncs, dels penya-segats margo-calcaris del Juràssic superior de ses Penyes Roges que constitueixen la seva font d'alimentació. Aquests penya-segats estan patint un procés erosiu, tant per acció de l'onatge a la seva base, que provoca la seva inestabilitat, com per la seva fracturació per processos distensius a la part superior. Tot això contribueix al seu desmantellament i en conseqüència a assortir de material a la platja des Codolar (Fig. 13). Aquest material després s'ha anat redistribuint al llarg de la platja per l'onatge i la corresponent deriva, i ha desenvolupat un cordó litoral que separa el mar de l'aiguamoll interior, que posteriorment ha facilitat una explotació de sal.

A mesura que ens desplacem cap al nord-oest, l'arrodoniment s'incrementa, de la mateixa manera com passa amb l'esfericitat (Fig. 10), documentant el sentit de la deriva litoral cap sa Caleta. També es manifesta en l'increment de còdols esfèrics en l'estació de sa Caleta com a resultat de processos d'abrasió més dilatats (Fig. 8).

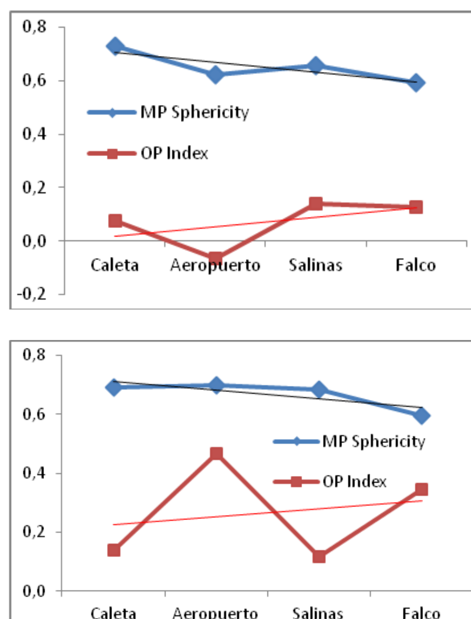


Fig. 12. Evolució dels índex d'arrodoniment i de l'Oblat-Prolat a la berma superior (a dalt) i a la berma inferior (a baix).
Fig. 12. *Evolution of the roundness and O-P indexs in the upper berm (upper graph) and in the lower berm (lower graph).*

Tant l'arrodoniment com l'esfericitat són més elevats en la berma superior a totes les estacions, excepte a Salines. Això indicaria un major retreballament dels còdols que apunta a un més prolongat temps d'exposició a la deriva i l'onatge.

Els canvis més importants en l'arrodoniment de les partícules, l'esfericitat i la mida, generalment ocorren en les zones de transport del sediment més properes a la font d'alimentació del sistema.

Observacions tant al laboratori con en el camp, han mostrat com l'increment en l'arrodoniment i una disminució de la mida del còdol, a causa de l'abrasió i el desgast, tendeix a ser progressiu en el sentit del flux (Stanley i So, 2006). Aquest comportament pot ser extrapolat a aquest sistema.

Tanmateix, tant en les observacions de camp, incloent la fotogrametria, com en l'anàlisi textural s'observa una anomalia en la tendència general que se situa preferentment a l'estació de Salines i que en algun cas s'estén a la de l'Aeroport.

Les hipòtesis que explicarien aquest fenomen poden obeir al fet que el procés d'ensorrament, retraballament i deriva sedimentària no s'hagi produït en un únic episodi. Tot indica que un segon o posterior esdeveniment hauria tingut lloc i que s'està manifestant com a mínim fins a l'estació de Salines.

Les dades anòmales de l'estació Aeroport poden interpretar-se en aquest mateix sentit o com a efecte de la construcció de les pistes aeroportuàries. Cal determinar també, els efectes que un petit torrent, avui en dia desviat i canalitzat al NNW de les pistes, va tenir o té encara en les esmentades anomalies.

A partir de les dades de camp i la seva anàlisi posterior, s'ha elaborat la p ossible formació de la platja des Codolar, que es mostra a la Fig. 14. Es parteix d'una situació inicial on el mar penetrava fins a l'interior, quedant la península del cap Falcó com una illa. A partir de l'erosió del Penyal des Puig des Falcó, es comença a aportar material al peu del penya-segat i l'onatge comença a formar una barra de còdols que arrenca de la base del mateix i que s'estén afavorida per la deriva litoral cap al NNW.



Fig. 13. Vista aèria dels penya-segats de ses Penyes Roges, on es pot apreciar una fractura en superfície. La mateixa fractura des del penya-segat.

Fig. 13. *Aerial view of Penyes Roges cliffs (cap Falcó), where a fault outcroping in the surface can be observed. Close view of the fault on the cliff.*

Mentrestant, al sector nord, continua l'avanç d'un ventall al·luvial en direcció sud procedent de la serralada del Puig d'en Palleu (García *et al.,* 2009), i afavorida per la presència de dos torrents que arrosseguen material fins al mar (Fig. 1).

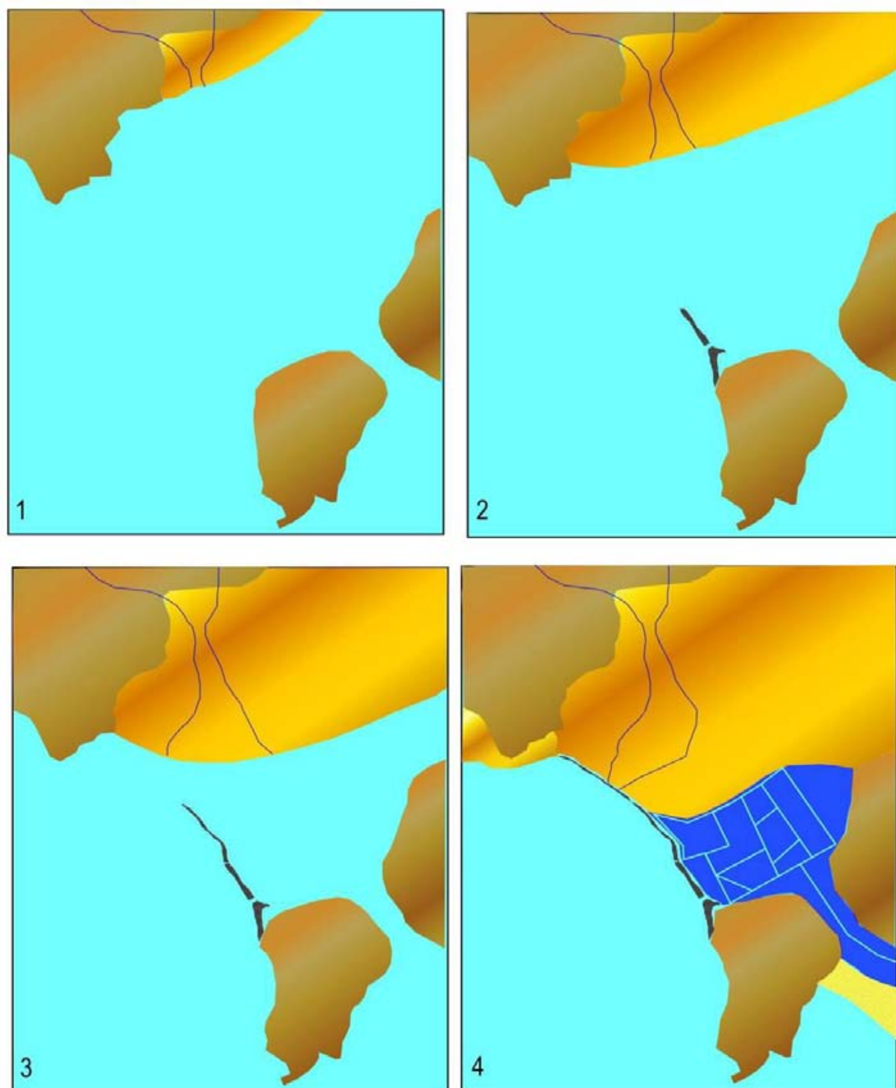


Fig. 14. Model evolutiu de la formació de la platja des Codolar.
Fig. 14. *Evolutionary model of the formation of the shingle beach of es Codolar.*

En el següent episodi, continua l'avanç del ventall al·luvial, mentre un nou episodi erosiu al Puig des Falcó, aporta nou material, que al seu torn és de nou arrossegat per la deriva litoral. Els perfils transversals realitzats en quatre seccions de la platja (Fig. 4), també mostren unagradació en l'elevació i volum de cada un d'ells a mesura que ens desplacem cap al nord-oest, però el perfil de Cap Falcó, mostra, a diferència de la resta, la presència de dues crestes, cadascuna de les quals

representa episodis diferents d'aportació de material. És notable la diferència entre el perfil més proper a la font d'alimentació (Cap Falcó) i el més allunyat de la mateixa (sa Caleta), tant en alçada, en extensió cap a terra i en la seva suavització.

Finalment, el ventall i la barra de còdols s'uneixen per formar una zona humida que posteriorment serà antropitzada per formar les actuals salines.

La presència de dos dipòsits eòlics, un d'ells desconnectat de la línia de costa (al costat del aeroport) i a una distància superior als 300 m del mar (Martín-Prieto *et al.,* 2011), reforça aquesta teoria, d'avanç d'un ventall al·luvial procedent de la serralada del Puig d'en Palleu i per tant d'una paleocosta.

En definitiva, la formació de la barra de còdols està clarament condicionada per la font d'alimentació, el puig des Falcó i la deriva litoral, que transporta i modela el sediment.

Finalment, aquest estudi s'hauria de completar amb una anàlisi del material a la zona submergida, una cartografia i anàlisi textural de diversos *overwash fans* ubicats entre les estacions de Cap Falcó i Salines, l'elaboració de nous perfils i una presa de mostres que abasti tot el perfil de platja, per tenir una visió de conjunt més acurada.

Agraïments

El present article s'ha vist beneficiat pel projecte d'investigació CGL2010-18616 i per l'ajuda de la DG d'Universitats, Recerca i Transferència de Coneixements del Govern de les Illes Balears i a fons FEDER per a grups d'investigació competitius de la UIB BIOGEOMED. A més també s'ha beneficiat de la beca d'investigació FPI atorgada pel Govern de les Illes Balears.

Bibliografia

Cheel, R. J. 2005. *Introduction to clastic sedimentology*. Dept. Earth Sciences, Brock University, Ontario, Canada.

Dobkins, J.E. i Folk, R.L. 1970. Shape development o Tahiti-Nui. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40: 1167-1203.

Espinosa, M. i Martínez, J. M. 2007. Variación morfológica y textural de una playa de cantos adosada a un importante relieve estructural (es Coll Baix, Serra de Tramuntana, N Mallorca). *In:* Gómez-Pujol, L. i Fornós, J.J. (eds). Investigaciones recientes (2005-2007) en Gemorfología Litoral. UIB, IMEDEA, SHNB, SEG, 95-99.

Etienne, S. i Paris, R. 2010. Boulder accumulations related to storms on the south coast of the Reykjanes Peninsula (Iceland). *Geomorphology,* 114: 55-70.

Folk, R.L. 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Texas, Hemphill Publishing Company, 105p.

García, A., Diaz, A., Gil, J., Cabra, P., Hernaiz, P., Zamorano, M., Gálvez, C. i Palacios J. 2009. *Mapa Geológico de España, E: 1:25.000 Eivissa, hoja 794 IV*, Segunda serie Primera edición. Instituro Geológico y Minero de España.

Jennins, R. i Shulmeister, J. 2002. A field classification scheme for gravel beaches. *Marine Geology*, 186: 211-229.

Martín-Prieto, J.A., Espinosa, J., Roig-Munar, F.X., Vericad, M., Rodríguez-Perea, A., Torres, N., X. Pons, G.X. i Mir-Gual, M. 2011. Descripció del sistema dunar des Codolar (Eivissa, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 54: 195-207.

Planells, A. 1999. *Historia de Ibiza y Formentera.* Ed. Viana, Barcelona.

Sneed, E.D. i Folk, R.L. 1958. Pebbles in the Lower Colorado River, Texas, a study in particle morphogenesis: *Journal of Geology*, 66: 114-150.

Stanley, J. D. i So, V. 2006. Inconsistent grain roundness and sphericity trends and the Valley Wall Influx Factor: Between Alpine Source and Lake Shore, SE France. *Journal of Coastal Research,* 22 (3): 547-560.

Wadell, H. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 40: 443-451.

Wadell, H. 1933. Sphericity and roundness of rock particles. *Journal of Geology*, 41: 310-331.

Wadell, H. 1935. Volume, shape, and roundness of quartz particles. *Journal Geology,* 43: 250-279.

Zingg, T. 1935. Beiträge zur Schotteranalyse. Schweiz. *Min. pet. Mitt.,* 15: 39-140.